

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

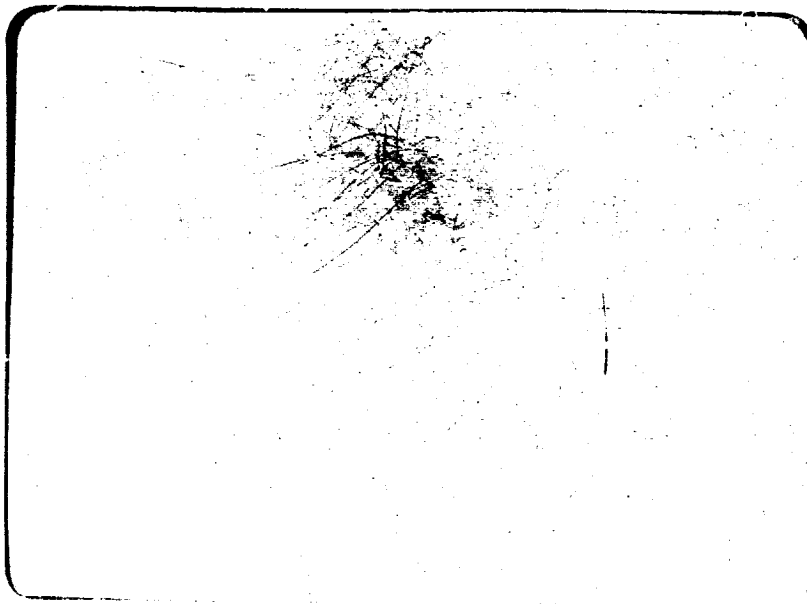
..Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

E83-10078
CR-169589



RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE: 9/21/82
DCAF NO. 002949
PROCESSED BY
☒ NASA STI FACILITY
☐ ESA - SDS ☐ AIAA

(E83-10078) THE COMPUTER TREATMENT OF
REHOTELY SENSED DATA: AN INTRODUCTION TO
TECHNIQUES WHICH HAVE GEOLOGIC APLICATIONS
(Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao Jose)
16 p HC A02/NP A01

N83-14587

Unclas
60078

CSCI 086 G3/43



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº <i>INPE-2419-PRE/127</i>	2. Versão	3. Data <i>Maio, 1982</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>RECMI</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>GEOLOGIA DADOS DIGITAIS MSS LANDSAT</i> <i>TRATAMENTO POR COMPUTADOR PROCESSAMENTO DIGITAL</i> <i>SENSORES REMOTOS</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:551</i>			
8. Título <i>O TRATAMENTO POR COMPUTADOR DE DADOS DE SENSORES REMOTOS: UMA INTRODUÇÃO DE TÉCNICAS QUE VISAM APLICAÇÕES GEOLÓGICAS</i>		10. Páginas: 15	
		11. Última página: 13	
9. Autoria <i>Waldir Renato Paradella</i> <i>Icaro Vitorello</i>		12. Revisada por <i>Paulo R. Meneses</i>	
		13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
Assinatura responsável <i>Waldir Renato Paradella</i>			
14. Resumo/Notas <i>Este trabalho explica vários aspectos das técnicas de análise que utilizam computadores (Realces de Imagens e Classificações Temáticas), através das quais imagens MSS-LANDSAT podem ser tratadas quantitativamente. Em aplicações geológicas, processamentos de dados digitais por computadores permitem, possivelmente, um uso mais satisfatório de dados LANDSAT, por apresentar dados realçados e corrigidos para análise visual e por avaliar e designar a informação espectral de cada "pixel" a uma dada classe.</i> ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY <i>Original photography may be purchased from EROS Data Center Sioux Falls, SD 57196</i>			
15. Observações <i>Trabalho submetido para apresentação no XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, de 12 a 18 de setembro de 1982, Salvador - Bahia.</i>			

**O TRATAMENTO POR COMPUTADOR DE DADOS DE SENSORES REMOTOS:
UMA INTRODUÇÃO DE TÉCNICAS QUE VISAM APLICAÇÕES GEOLÓGICAS**

**Waldir Renato Paradella
Ícaro Vitorello**

**Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
C.P. 515 - São José dos Campos - SP - Brasil**

RESUMO

Este trabalho explica vários aspectos das técnicas de análise que utilizam computadores (Realces de Imagens e Classificações Temáticas), através das quais imagens MSS-LANDSAT podem ser tratadas quantitativamente. Em aplicações geológicas, processamentos de dados digitais por computadores permitem, possivelmente, um uso mais satisfatório de dados LANDSAT, por apresentar dados realçados e corrigidos para análise visual e por avaliar e designar a informação espectral de cada "pixel" a uma dada classe.

**ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY**

ORIGINAL PAGE 13
OF POOR QUALITY

ABSTRACT

This paper explains several aspects of computer-assisted analysis technique (Image Enhancements) and Thematic Classifications) by which LANDSAT MSS imagery may be treated quantitatively. On geological applications, computer processing of digital data allows, possibly, the fullest use of LANDSAT data, by displaying enhanced and corrected data for visual analysis and by evaluating and assigning each spectral pixel information to a given class.

INTRODUÇÃO

Dados MSS do satélite LANDSAT em 4 bandas espectrais, fornecidos em intervalos de 18 dias e sob condições ambientais variadas (iluminação, variações sazonais etc.), são extremamente valiosos à análise dos atributos espectrais (cores/gradações de cinza); espaciais (morfologia/textura) e temporais, de alvos de interesse geológico. Para se ter uma idéia da quantidade de informação coletada, são necessários cerca de 7,5 milhões de "pixels" (59 x 99 metros de dimensão) para compor uma imagem de um canal do LANDSAT (185 km x 185 km no terreno), que envolve mais de 50 milhões de bits de informação.

O fato destes dados estarem disponíveis digitalmente em fitas magnéticas tornou particularmente atraente e conveniente o uso de computadores para a análise deste grande volume de informação. Porém, não é somente por este aspecto que o uso de computadores é vital neste tipo de abordagem. Normalmente, parte da informação de interesse geológico contida nas cenas é de natureza sutil, não passível de percepção ao simples exame visual das imagens em papel fotográfico comum, o que induz a obrigatoriedade de processamentos adequados para que os detalhes sejam realçados e extraídos na quantidade desejada pelo fotointérprete.

Por fugir ao objetivo do artigo e expor de modo mais profundo os fundamentos e as metodologias de tratamento digital de imagens, a discussão que se segue enfocará apenas aspectos gerais das técnicas mais usuais utilizadas atualmente no país, para tratamento automático de imagens de sensores remotos que visam aplicações geológicas. Como ilustração são mostrados os produtos da região de ocorrência de metassedimentos do Supergrupo Bambuí e as coberturas cretácias da Formação Urucuiá, na Serra do Ramalho, no sudeste do Estado da Bahia (Figura 1), onde importantes depósitos de fluorita são encontrados (CBPM, 1976).

As técnicas aqui apresentadas constituem parte de um conjunto mais amplo de opções disponíveis no Laboratório de Tratamento de

Imagens Digitais (L.T.I.D.) do INPE/CNPq em São José dos Campos/SP. To- dos os produtos foram obtidos na escala de 1:100.000 no Analisador Image-100. Maiores detalhes sobre este sistema podem ser encontrados no Manual do Sistema I-100 (GE, 1975).

Dentro do campo de tratamento automático de dados de senso- res remotos aplicados à geologia, duas abordagens básicas prevalecem: 1) técnicas de realce que visam melhorar a qualidade visual e destacar as informações espectrais e espaciais para a posterior análise visual do fotointérprete e 2) técnicas de classificações temáticas, que defi- nem agrupamentos ou classes nas imagens a partir de similaridades em assinaturas espectrais.

TÉCNICAS DE REALCE

a) REALCE DE CONTRASTE

Este tipo de técnica é a mais usada na rotina de tratamen- to de imagens. Basicamente, os sensores do LANDSAT foram concebidos pa- ra registrar, em termos de brilho*, respostas espectrais de alvos natu- rais em uma larga faixa de radiação eletromagnética, sem haver satura- ção, o que representaria perda de informação.

Isto faz com que, normalmente, toda a informação espectral de uma cena esteja originalmente restrita a um pequeno intervalo no es- paço total passível de representação de níveis de cinza. Em outras pa- lavras, a informação original geralmente ocupa uma pequena faixa den- tro dos 256 níveis de cinza passíveis de representação de uma cena MSS -LANDSAT. A técnica do realce de contraste consiste em expandir, atra- vés de uma transformação matemática, o intervalo original para toda a escala de cinza disponível. A mais simples desta transformação é um contraste linear (Figura 2).

Através desta técnica, o analista pode realçar toda a cena (Figura 3) ou, se desejar, um intervalo de nível de cinza de seu inte- resse (por exemplo um intervalo característico associado à presença de rochas máficas nos canais analisados).

b) DIVISÃO DE CANAIS

Esta técnica tem sido bem sucedida e de largo uso tanto em pesquisa mineral, quanto em discriminações litológicas a partir de ima- gens LANDSAT (Lyon, 1975; Rowan et alii, 1974; Blodget et alii, 1978; Paradella et alii, 1982).

Em sua forma mais simples, a técnica consiste na divisão do valor, em nível de cinza, dos "pixels" de um canal, pelos respectivos valores de "pixels" de outro canal.

Imagens obtidas por esta técnica são impor antes por vários fatores: Primeiro, enfatizam pequenas diferenças espectrais entre al- vos nas cenas que mostram distintos comportamentos de gradientes, em suas curvas de reflectância espectral, dentro das bandas consideradas na divisão (Rowan et alii, 1975). Segundo, este tipo de técnica tende a diminuir, em uma primeira aproximação, diferenças de respostas nas cenas atribuídas a efeitos topográficos (diferentes ângulos de ilumina- ção do mesmo alvo), i.e., os valores de cinza de "pixels" de um mesmo material apresentam variações de acordo com o ângulo de iluminação da cena. Com a divisão de canais, alvos similares que exibem valores digi- tais diferentes passam a ter níveis de cinza próximos (Almeida Filho and Vitorello, 1981).

A restrição que o método envolve é a perda de característi

* Brilho: dimensão da escala de percepção, representando tons que va- riam do muito escuro (preto) ao muito claro (branco).

cas espaciais da imagem, pela atenuação de sombreamento. Até 6 bandas espectralmente diferentes podem ser obtidas com esta técnica, o que aumenta a quantidade de dados para a análise do fotointérprete (Figura 4).

Finalmente a técnica da divisão de canais funciona como um método de redução de dimensão de dados, pois os dados transformados dos 4 canais originais MSS podem ser combinados em uma única composição colorida, com 3 imagens de divisão (4/5 com Azul + 5/6 com Verde + 6/7 com Vermelho).

c) PRINCIPAIS COMPONENTES

Trabalhos recentes de sensoriamento remoto têm enfatizado o uso de transformações por componentes principais de dados LANDSAT em aplicações geológicas (Santisteban and Munoz, 1977).

Basicamente os canais do LANDSAT são altamente correlacionados, i.ê., existe redundância de informações entre as 4 bandas, função da natureza da resposta espectral dos alvos naturais, largura e posição das bandas no espectro eletromagnético.

O método das componentes principais é uma técnica que termina uma transformação dos dados originais, através de rotação e translação num espaço hipotético de atributos espectrais, definidos por eixos ortogonais correspondentes aos 4 canais do LANDSAT (Figura 5). Esta transformação tende a gerar 4 novos canais a partir dos canais originais, de tal forma que a maior parte da informação, contida inicialmente, é concentrada agora nos primeiros eixos ou componentes principais, enquanto às componentes restantes é associado um mínimo de informação (normalmente à 4ª componente principal é associado o ruído contido nas cenas originais).

Esta técnica é vantajosa por dois motivos. Primeiro, por gerar canais não correlacionados (Figura 6), i.ê., sem redundância de informação. Segundo, é especialmente interessante na obtenção de informações espectrais através de composições coloridas, posto que os dados contidos nos 4 canais originais podem ser agora mostrados em uma única cena, associando-se às 3 primeiras componentes as cores azul, verde e vermelha ou suas complementares (amarelo, magenta e cyan). Este tipo de técnica aumenta a capacidade de discriminação entre diferentes alvos nas cenas, além daquela obtida através de combinações com quaisquer dos 3 canais originais.

FILTRAGENS DIGITAIS

São consideradas como filtragens quaisquer técnicas ou processos de tratamento de imagens, que diferencialmente modificam o conteúdo da imagem, e tendem a enfatizar feições de interesse ao analista, enquanto suprime outras indesejáveis (ruído, p.ex.).

Basicamente, um processo de realce de uma cena através de uma filtragem digital atua sobre as variações tonais correspondentes aos diferentes níveis de cinza dos "pixels" da cena (Paradella e Dutra, 1981). Tais variações são passíveis de serem tratadas e analisadas em termos de frequência espacial da imagem, i.ê., uma imagem pode ser de composta em componentes de alta frequência (associados às bordas ou transições bruscas tonais da cena) e em componentes de baixa frequência (associadas à homogeneidade tonal que caracteriza espectralmente um dado alvo).

Do ponto de vista de aplicações geológicas, procura-se aplicar transformações nas imagens que realcem os componentes de alta frequência, enfatizando-se assim variações bruscas nos tons que normalmente estão associados a feições morfológicas e lineações tonais, o que facilita e enriquece o trabalho do fotointérprete na análise estrutural. Deste modo, é possível caracterizar contatos litológicos e padrão estrutural de uma região que, em imagens em papel fotográfico

convencional, se expressariam de forma sutil, dificultando ou mesmo impedindo uma melhor extração de informações (Figura 7).

CLASSIFICAÇÕES TEMÁTICAS

Em um sentido mais amplo, classificação é o processo de reconhecimento de classes ou grupos, cujos membros exibem características comuns. Em sensoriamento remoto isto implica classificar nas imagens multiespectrais os vários subconjuntos presentes, cada qual correspondendo a temas de interesse específico: rochas ou unidades litológicas, zonas de alteração, tipos de solos etc. Toda esta operação é realizada por computadores, que agrupam os alvos nas cenas a partir de similaridades em suas características de assinaturas espectrais.

Este tipo de técnica, bem sucedida em agricultura, uso da terra e estudos ambientais, apresenta ainda limitações e pouco uso em geologia e pesquisa mineral (Siegal and Abrams 1976; Paradella et alii, 1979).

As razões básicas disto incluem uma somatória de fatores, tais como: 1) as imagens registram informações de natureza superficial (milímetros superiores do terreno) as quais incluem a influência da vegetação, do solo, da atividade humana, que marcaram variações nas respostas espectrais causadas pela litologia; 2) as rochas nem sempre estão aflorantes e quando expostas estão na maior parte alteradas; 3) os corpos litológicos são extremamente complexos e heterogêneos em composição, forma e relações e fornecem respostas espectrais igualmente complexas; 4) o relevo que causa sombreamentos, também dificulta a caracterização espectral de rochas; 5) as bandas disponíveis nos satélites LANDSAT atuais não são ainda as mais adequadas para estudos de caracterização litológica; 6) os métodos de classificação automática, até o momento, só levam em conta um dos fatores da fotossíntese, i.e., a tonalidade, deixando a exclusividade do estudo das variações texturais ao âmbito da análise visual.

Dois diferentes abordagens de classificações temáticas com dados LANDSAT são normalmente usadas. A classificação é supervisionada, no sentido de que as classes são separadas a partir de comparações com padrões pré-selecionados, estabelecidos pelo analista em função de conhecimentos prévios das respostas espectrais na área selecionada. A classificação é não-supervisionada, no sentido de que as classes são definidas a partir de técnicas estatísticas de agrupamentos ou "clustering", com base na análise das respostas dos "pixels" nas imagens (Figura 8).

CONCLUSÕES

Uma tendência cada vez mais definitiva que se observa nos trabalhos recentes com sensores remotos orbitais em geologia está no crescente uso de tratamento digital de imagens. Com as novas informações do território nacional, que estarão disponíveis entre 1983 e 1984 através de dados de recobrimento fornecidos pelos satélites LANDSAT-D (11 canais) e SPOT (4 canais), espera-se que situações e problemas inéditos possam ser abordados em geologia e, principalmente, em pesquisa mineral.

A quantidade de informações a ser avaliada vai exigir um esforço maior da comunidade no sentido de familiarização com técnicas de tratamento automático de imagens digitais.

Muito embora a casos particulares de aplicações sejam adequadas metodologias específicas, espera-se que o conjunto de técnicas aqui apresentadas, de maneira introdutória, possa servir de base para interesse no uso e na extração de informações que são extremamente valiosas dentro de um vasto campo de interesse em Geociências.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GENERAL ELECTRIC COMPANY. "Image-100 Interactive Multispectral Image Analysis System (User Manual)", 1975, Flórida, USA.
- COMPANHIA BAIANA DE PESQUISAS MINERAIS (CBPM). "Projeto Fluorita da Serra do Ramalho, Vol.1, 98 pgs, 1976, Salvador, Brasil.
- ALMEIDA FILHO, R.; VITORELLO, I. "Enhancement of Digital Images Through Band Ratio Techniques for Geological Applications; Anais COGEODATA IAMG Meeting for South America, 1981, Rio de Janeiro.
- ROWAN, L.C.; WETLAUFER, P.H.; GOETZ, A.F.H.; BILLINGSLEY, F.C. and STEWART, J.H. "Discrimination of rock types an detection of hydrothermally altered in South Central Nevada by the use of Computer Enhanced ERTS-Image, USGS, Prof. Paper 883, 1974, 35 pp.
- BLODGET, H.W.; GUNTHER, F.J. and PODWYSOCKI, M.H. "Discrimination of rock classes and alteration products in Southwestern-Saudi Arabia with Computer-Enhanced LANDSAT data". NASA Tech. Paper 1327, 1978, 34 pp.
- SANTISTEBAN, A. e MUNOZ, L. "Application of Image Principal Component Technique to the Geological Study of a Structural Basin in Central Spain", 1977, Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium, pp. 228-236.
- LYON, R.J.P. "Mineral Exploration Applications of Digitally Processed LANDSAT Imagery" First Annual T. Pecora Memorial Symposium, 1975, Sioux Falls, USA, pp. 271-292.
- PARADELLA, W.R.; VITORELLO, I. e MONTEIRO, M.D. "Avaliação de técnicas de tratamento por computador de dados digitais MSS LANDSAT, na discriminação litológica na Serra do Ramalho, Estado da Bahia. II Simp. Bras. de Sens. Remoto, Brasília, 1982.
- PARADELLA, W.R. e DUTRA, L.V. "Filtragens Digitais de Imagens LANDSAT como técnica de auxílio visual na Fotointerpretação geológica. Anais XXXI Cong. Bras. Geol., Camboriú, 1980. 2959-2964.
- PARADELLA, W.R.; MENESES, P.R. e MATTOSO, S.Q. "Interpretações automáticas de dados do LANDSAT na pesquisa de ilmenita de Floresta, PE." Anais II Sem. Fras. sobre Tec. Explor. em Geol., Gravatal, 1979, 307-318.
- SIEGAL, B.S.; and ABRAMS, M.J. "Geologic Mapping using LANDSAT Data". "Photogrammetric Eng. and Remote Sensing, vol. 42, N° 3, 1976, pp. 325-337.

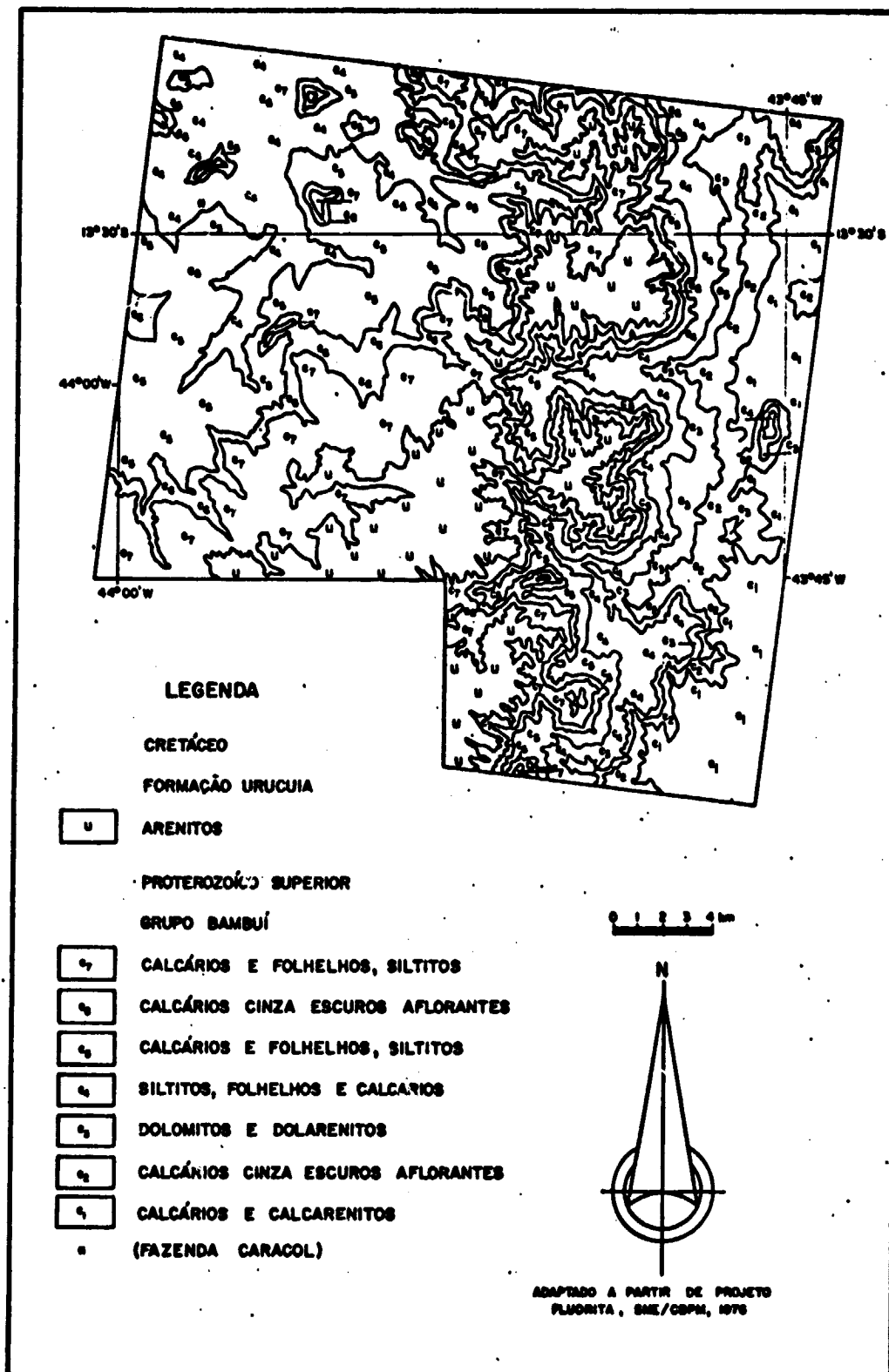


Fig. 1. Geologia da área da Serra do Ramalho referente aos produtos mostrados no texto (Simplificado a partir de CBPM/SME, 1976).

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

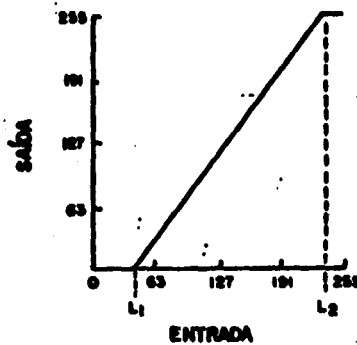


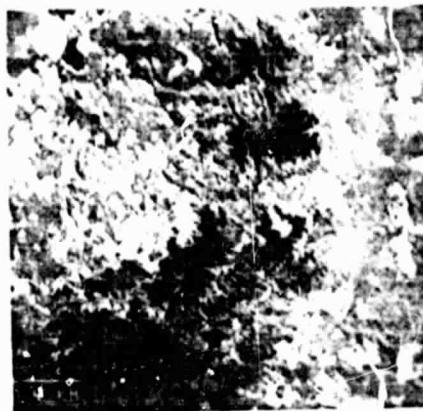
Fig. 2. Função de transferência para um realce de contraste linear.

Neste tipo de transformação um valor original L_1 é ajustado para 0, e um valor L_2 é transformado para 255, sendo os valores intermediários entre L_1 e L_2 escalonados proporcionalmente.

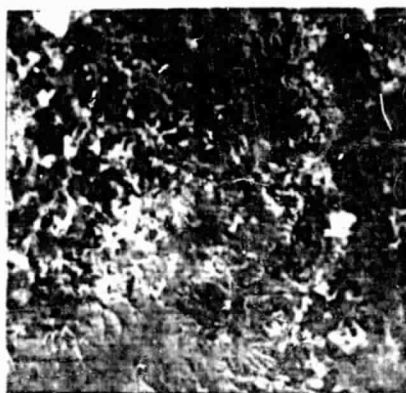
ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



MSS 4



MSS 5



MSS 6



MSS 7

Fig. 3. Realces de contraste dos quatro canais MSS LANDSAT da região da Serra do Ramalho, sudoeste do Estado da Bahia.

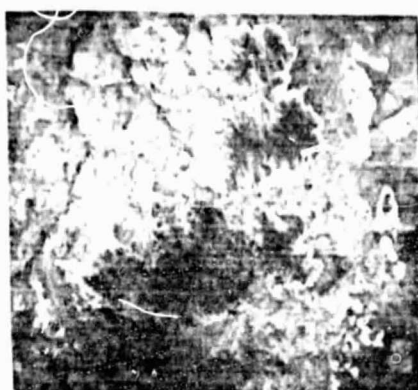
ORIGINAL PAGE 19
OF POOR QUALITY



MSS 4/5



MSS 4/6



MSS 4/7



MSS 5/6



MSS 5/7



MSS 6/7

Fig. 4. Exemplos de divisões de canais com realce de contraste para a área da Serra do Ramalho.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

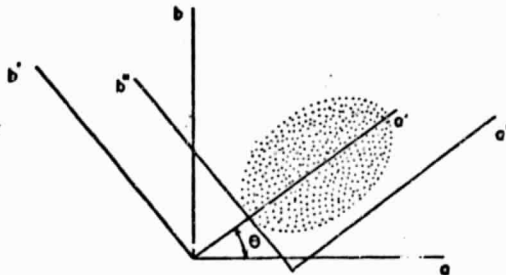


Fig. 5. Transformação por Componentes Principais que envolve rotação (θ) e translação para um conjunto de dados dos canais a e b.

"a" e "b" seriam as primeiras e segunda componentes principais obtidas.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



1.^a CP



2.^a CP



3.^a CP



4.^a CP

Fig. 6. Componentes Principais dos quatro canais do LANDSAT na área da Serra do Ramalho.

A porcentagem de informação contida em cada componente é de 55,6%, 29,9%, 12,7 e 1,9% para a 1.^a, 2.^a, 3.^a e 4.^a componentes, respectivamente.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

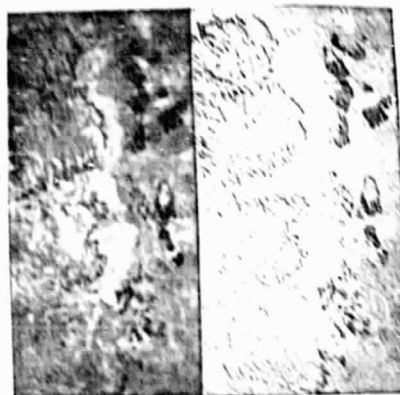


Fig. 7. Exemplo de filtragem digital.

Do lado esquerdo tem-se o canal 7 original da borda oriental da Serra do Ramalho; do lado direito, a mesma cena, com filtro de realce segundo a direção NW.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

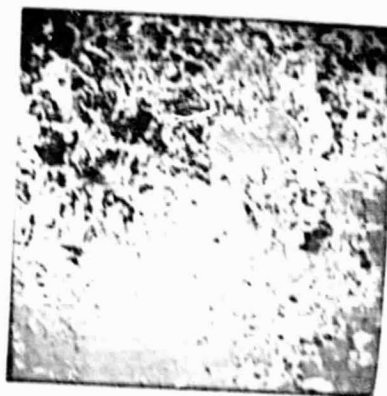


Fig. 8. Classificação não supervisionada da Serra do Ramalho, com oito temas definidos a partir de agrupamentos estatísticos.